



Mittelstand 4.0
Kompetenzzentrum
Planen und Bauen



LEITFADEN

Leitfaden für immersive Planungs- und Baufortschrittsbesprechungen

In diesem Leitfaden werden Grundlagen sowie Vorgehensweisen und Konzepte zur Durchführung von immersiven Planungsbesprechungen aufgezeigt. Die vorgestellten Vorgehensweisen dienen zur Umsetzung von BIM-gestützten Planungs- und Bauprozessen.

Mittelstand-
Digital 

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Klimaschutz

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Impressum

Herausgeber:

Mittelstand 4.0-Kompetenzzentrum Planen und Bauen
info@kompetenzzentrum-planen-und-bauen.digital

Autoren:

René Hellmuth, Jörg Frohnmayr, Matthias Aust, Dhanesh Chathuranga
Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO

Redaktion:

buildingSMART Deutschland e. V.
Wiener Platz 6, 01069 Dresden
kompetenzzentrum@buildingsmart.de

Inhalte und Produktion:

Mittelstand 4.0-Kompetenzzentrum Planen und Bauen

Bilder:

Alle Bilder und Grafiken: © Fraunhofer IAO
Abbildung 5 (Seite 16): © BIMprove H2020

Satz & Layout:

Tina von Wolfersdorff
www.besonders-blond.de

Ihr Partner beim Mittelstand 4.0-Kompetenzzentrum Planen und Bauen für das Handwerk: Das Fraunhofer IAO

Das Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO ist als Partner des Teilzentrums Süd des Mittelstand 4.0-Kompetenzzentrums Planen und Bauen zuständig für die Sensibilisierung, Information und Qualifizierung von Planern, Bauherren und Handwerksbetrieben der Bau- und Ausbaubranche in den Kernkompetenzbereichen immersive Planungs- und Baufortschrittsbesprechungen.

Dafür entwickelt das Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO gemeinsam mit kleinen und mittleren Unternehmen Strategien und Lösungen für die digitale Transformation.

Dieser Leitfaden soll Ihnen dabei helfen,

- grundlegende Begriffe rund um XR (extended Reality/ erweiterte Realität) zu verstehen
- Hard- und Software für XR kennenzulernen
- den Einsatz von erweiterter Realität bei Baubesprechungen nachzuvollziehen
- immersive Planungsbesprechungen vorzubereiten
- immersive Planungsbesprechungen durchzuführen

Unser Auftrag

Der Auftrag des Fraunhofer IAO beim Mittelstand 4.0-Kompetenzzentrum Planen und Bauen besteht darin, kleine und mittlere Unternehmen mit praktischen Lösungen im Umfeld der Digitalisierung im Bereich extended Reality zu versorgen. Unsere Vorgehensweisen sind darauf ausgelegt, die Produktivität und die Effizienz der Kommunikationsprozesse deutlich zu steigern sowie speziell mit diesem Leitfaden immersive Planungsbesprechungen einzuführen. Wir überführen dazu unsere Erfahrungen mit Bauherren, Bauunternehmen sowie Planern bei immersiven Planungsbesprechungen in diesen Leitfaden.

✉ info@kompetenzzentrum-planen-und-bauen.digital

f [Kompetenzzentrum.Planen.und.Bauen/](https://www.kompetenzzentrum-planen-und-bauen.de/)

t [kompetenz_pb](https://twitter.com/kompetenz_pb)

in [company/kompetenzzentrumplanenundbauen/](https://www.linkedin.com/company/kompetenzzentrumplanenundbauen/)

1	Begriffliche Grundlagen	6
2	Hard- und Software	8
3	Ablauf einer immersiven Planungsbesprechung	15
4	XR Visualizer	15
5	Anwendungsbeispiel	18
6	Fazit	19
7	Kontaktangaben	21

Kurzdarstellung

Kleine und mittelständische Unternehmen (KMU) der Bauausführenden Gewerke haben in den letzten Jahren durch den Einzug des Building Information Modelings (BIM) erste Schritte hin zur Digitalisierung unternommen. Die in 3D geplanten Gebäude bieten nicht nur in der Planungsphase einen Mehrwert. Auch während der Bauphase können im Rahmen der Bauüberwachung beispielsweise die vor der Abnahme festgestellten Mängel identifiziert und kommuniziert werden. Dazu bieten die aus der Planung vorhandenen dreidimensionalen Daten die Möglichkeit diese für immersive Baubesprechungen zu verwenden. Immersive Technologien ermöglichen es Zeit zu sparen, effizienter zu arbeiten und eine neue Art von Zusammenarbeit mit Kollegen und Kunden zu etablieren.

Generell können KMU ihre Arbeitsabläufe mit immersiven Technologien in den Bereichen Planung, Ausbildung, Verkaufssituation und Fernzusammenarbeit optimieren. In der Planungsphase hilft die erweiterte Realität durch immersive Planungsbesprechungen besser zusammenzuarbeiten und fundiertere Entscheidungen zu treffen. Ziel der immersiven Baubesprechungen ist es, die Einhaltung der Baugenehmigung und Leistungsbeschreibungen zu überprüfen sowie Ausführungspläne mit tatsächlich ausgeführten Arbeiten auf der Baustelle zu vergleichen.

Als Hemmnis für den Einsatz von immersiven Baubesprechungen sind bei KMUs bisher noch mangelnde Erfahrungen zu benötigter Hard- und Software zu nennen. Außerdem fehlen strukturierte Abläufe, die als Vorbild dienen können.

Hauptfragestellungen, die in diesem Dokument behandelt werden:

- Welche begrifflichen Grundlagen gibt es im Kontext von immersiven Planungs- und Baubesprechungen?
- Welche Voraussetzungen gibt es für die Hard- und Software, um immersive Planungs- und Baubesprechungen durchzuführen?
- Wie sieht ein idealtypischer Ablauf einer immersiven Planungsbesprechung aus?
- Wie können die Grundlagen und Abläufe auf Baubesprechungen übertragen werden?

Begriffliche Grundlagen

→ Augmented Reality (AR)

Bei der Augmented Reality (Erweiterte Realität) werden digitale Elemente über ein Anzeigegerät wie ein Smartphone oder ein Headset in die reale Umgebung eingeblendet. AR ermöglicht die Verschmelzung der realen und virtuellen Welt.

→ Augmented Virtuality (AV)

Augmented Virtuality (Erweiterte Virtualität) bezeichnet das Gegenstück zur AR. Bei der AV wird ein reales Objekt in eine virtuelle Umgebung eingefügt. AR und AV sind jeweils eine Unterkategorie der Mixed Reality.

→ Mixed Reality (MR)

Der Begriff Mixed Reality (Gemischte Realität) wird als Überbegriff zur Augmented Reality und Augmented Virtuality verwendet. Entsprechend dieser Definition ist Mixed Reality alles, was sich zwischen „Realität“ und „virtueller Realität“ bewegt. Der Anteil von realen und virtuellen Elementen variiert dementsprechend.

→ Virtual Reality (VR)

Die Virtual Reality (Virtuelle Realität) bezeichnet die digitale Darstellung, welche die Sicht des Benutzers auf die reale Welt vollständig ausblendet und sie durch eine digital erzeugte Umgebung ersetzt.

→ Extended Reality (XR)

Der Begriff Extended Reality (erweiterte Realität) bezeichnet jede Art von Technologie, welche die Realität für den Benutzer erweitert. Daher fallen die Begriffe AR, AV und VR unter den übergeordneten Begriff Erweiterte Realität. Bei allen genannten Formen handelt es sich um eine immersive Technologie.

Um mit dem Wettbewerb mithalten zu können ist es hilfreich, sich mit immersiven Technologien auseinanderzusetzen und deren Grundlagen zu verstehen. Durch **immersive Technologien** tauchen Nutzer in eine virtuelle Welt ein oder interagieren mit einer virtuell erweiterten Welt. In diesem Kapitel wird ein Überblick über die wichtigsten Begriffe der erweiterten Realität (Extended Reality) gegeben. Ausgehend von der Realität werden die Begriffe Augmented Reality, Augmented Virtuality und virtuelle Realität aufsteigend, dem Grad der Immersion folgend, erläutert (Abbildung 1).

Start- und Endpunkt:

- Physische Umgebung (Realität)
- Digitale Umgebung (Virtualität)

Die genannten Begriffe beschreiben einen unterschiedlichen Grad der Immersion (Abbildung 1). Der Grad der Immersion ist umso höher je weniger der Nutzer von der Realität mitbekommt. Die Verbindung zur Realität nimmt somit mit steigendem Grad der Immersion ab.

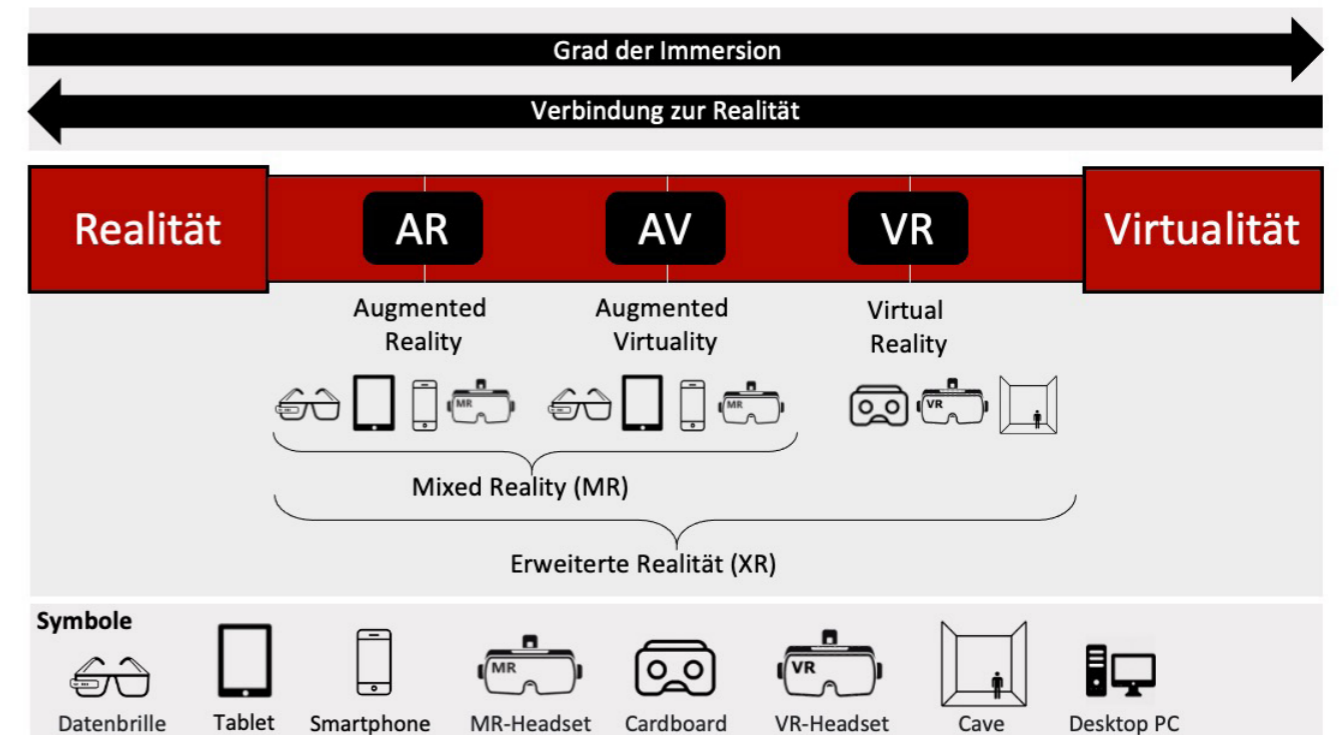


Abbildung 1: Spektrum der erweiterten Realität

In Abbildung 1 werden den jeweiligen Technologien unterschiedliche Geräte zugeordnet. Als größtes System ist eine **CAVE** (Cave Automatic Virtual Environment; wörtlich übersetzt: Höhle) zu nennen. Eine CAVE bezeichnet einen Raum zur Projektion einer dreidimensionalen Illusionswelt der virtuellen Realität.

Im Gegensatz zu Head-Mounted Displays bietet eine CAVE mehreren Nutzern gleichzeitig die Möglichkeit, eine virtuelle Welt zu erleben und sich dabei direkt zu sehen sowie zu kommunizieren. Bei der Nutzung von Head-Mounted-Displays ist die Kommunikation und Repräsentation der Teilnehmer nur über sogenannte Avatare möglich. Avatare stellen eine Abbildung der Teilnehmer in VR dar.

Neben Smartphones und Tablets kommen hauptsächlich Head-Mounted-Displays zum Einsatz. Ein Head-Mounted-Display (HMD) ist ein visuelles Ausgabegerät, das auf dem Kopf getragen wird.

Ein HMD kann in unterschiedlichen Varianten existieren:

- Cardboard (Halterung aus Karton zur Nutzung des Smartphones als VR-Headset)
- Datenbrille (Smart glasses)
- MR-Headset
- VR-Headset

Hard- und Software

Die Baubranche nutzt mit der Einführung von BIM (Building Information Modeling) zunehmend digitale Gebäudemodelle. Um die digitalen Gebäudemodelle visualisieren zu können findet sich auf dem Markt eine große Anzahl an Hardware und Software. Ein Überblick über aktuelle Endgeräte und Softwarelösungen erleichtert den Einstieg bei der Nutzung immersiver Technologien.

Hardware

XR-Hardware kann generell in zwei verschiedenen Varianten eingesetzt werden:

- eigenständig (Stand-alone)
- mit dem PC verbunden.

Ein eigenständiges XR-Headset hat eine eingebaute Batterie und verwendet meist Inside-Out Tracking (siehe unten).

Mit dem PC verbundene Geräte verwenden sowohl Outside-In als auch Inside-Out Tracking (siehe unten), sind meist per Kabel mit dem PC verbunden und benötigen daher zur Anwendung einen Grafik-PC. Die Nutzung ist insgesamt komplexer und verlangt mehr Erfahrung. Ein Vorteil von Systemen, die mit dem PC verbunden sind, ist eine bessere Qualität der Darstellung. Eigenständige Systeme bieten eine höhere Mobilität (kabellos) und sind oft günstiger.

Die Eigenschaften der XR-Hardware wie Auflösung, Tracking-System und Sichtfeld sind entscheidend für ein gutes XR-Erlebnis. Im Allgemeinen gilt: Je höher die Auflösung, desto besser ist die Qualität der Darstellung des 3D Inhaltes (z.B. digitale 3D Gebäudemodelle).

Ein sogenanntes **Inside-Out Tracking** beschreibt, dass das VR Headset selbst erkennt (z.B. durch am Headset angebrachte Kameras) wo es sich aktuell im Raum befindet.

Beim **Outside-In Tracking** werden Kameras oder andere Sensoren (z.B. Laserstrahler auf Stativen) um das XR-Headset herum verwendet, um die Position des Headsets von außen zu bestimmen. Hier wird im Gegensatz zum Inside-Out Tracking zusätzliche Hardware benötigt.

Das Sichtfeld, das bei XR-Headsets in Grad angegeben wird, beschreibt den visuellen Bereich, in dem man 3D Objekte erkennen kann. Je größer das Sichtfeld desto höher ist der Grad der Immersion.

Den Zutritt in die virtuelle Welt ermöglichen neben Smartphones und Tablets HMDs, die beispielhaft in Tabelle 1 und Tabelle 2 aufgelistet sind. Die Auflistung in den genannten Tabellen ist nicht erschöpfend, liefert jedoch einen Überblick über momentan am Markt erhältliche HMDs. Beim Kauf einer Datenbrille, MR-Headset, Cardboard oder eines VR-Headsets spielen maßgeblich die Auflösung, das verwendete Trackingsystem, das Sichtfeld, der Preis sowie die Besonderheiten der Geräte eine Rolle. Diese relevanten Kriterien sind in Tabelle 1 und Tabelle 2 aufgelistet, was die Auswahl der geeigneten Hardware unterstützt.

Als Einstiegsmodell bietet sich bspw. die HP Reverb G2 (Tabelle 2) an, um digitale Gebäudemodelle in VR zu begutachten. Eine Nutzung per Kabelverbindung mit PC ist notwendig. Das Inside-Out-Tracking kommt ohne externe Sensoren aus, außerdem liefert das HMD eine gute Auflösung. Für die Einrichtung wird eine Steckdose (für Controller-Box), ein USB-C Port sowie einen Displayport Anschluss benötigt.











HARDWARE				
	Stand-alone		PC verbunden	
	Bezeichnung	Produktdetails	Bezeichnung	Produktdetails
Datenbrille	 Vuzix M4000	Auflösung: 854 x 480 Pixel Tracking System: - Sichtfeld: 28 Grad Preis: ca. 2300 € Besonderheit:	 TCL NXT Wear G	Auflösung: 1080 x 980 Pixel Tracking System: Inside-Out Sichtfeld: 47 Grad Preis: ca. 599 €
	 Google Glass 2 Enterprise Edition	Auflösung: 640 x 360 Pixel Tracking System: - Sichtfeld: 13 Grad Preis: ca. 950 €	 Lenovo Think Reality A3	Auflösung: 1920 x 1080 Pixel Tracking System: Inside-Out Sichtfeld: 50 Grad Preis: ca. 1.420 €
	 HTC Vive Flow Schwarz	Auflösung: 640 x 360 Pixel Tracking System: Inside-Out Sichtfeld: 100 Grad Preis: ca. 549 €	 Magic Leap 2	Auflösung: 1760 x 1440 Pixel Tracking System: Inside-Out Sichtfeld: 70 Grad Preis: ca. 2.000 €
MR Headset	 Trimble XR10 HoloLens 2	Auflösung: 2048 x 1080 Pixel Tracking System: Inside-Out Sichtfeld: 43 Grad Preis: ca. 4.920 € Besonderheit: Für die Baustelle zertifiziert		
	 Microsoft HoloLens 2	Auflösung: 2048 x 1080 Pixel Tracking System: Inside-Out Sichtfeld: 52 Grad Preis: ca. 3.320 €		
	 Lynx R1	Auflösung: 1600 x 1600 Pixel Tracking System: Inside-Out Sichtfeld: 90 Grad Preis: ca. 1.024 €	 Varjo XR-3	Auflösung: 2880 x 2720 Pixel Tracking System: Inside-Out (mit oder ohne zusätzliche Hardware) Sichtfeld: 115 Grad Preis: ca. 5.995 € Besonderheit: Das HMD bietet das volle Spektrum der erweiterten Realität (XR)

Tabelle 1: Hardwareübersicht – Teil 1

Als Software wird Windows Mixed Reality aus dem App-Store von Windows benötigt, um die Hardware einzurichten und den Nutzungsbereich festzulegen. Eigene 3D-Inhalte (z.B. Gebäudemodelle) können durch Software von Drittanbietern (z.B. XR Visualizer) visualisiert werden.

Für fortgeschrittene Anwender liefert bspw. Varjo mit XR-3 ein Gerät, das geeignet ist, um das gesamte XR-Spektrum abzudecken. Die Video-Pass-Through-Technologie von Varjo ermöglicht es virtuelle 3D-Objekte in der realen Umgebung einzublenden.

Die HTC Vive Pro 2 ist ein weit verbreitetes HMD, das vor allem durch ein sehr genaues Tracking überzeugt. Dafür muss jedoch zusätzliche Hardware im Raum platziert werden: Mehrere HTC Vive Basisstationen 1.0 oder 2.0. Dies erfordert einen erhöhten Installationsaufwand. Ebenfalls ist ein geeigneter Grafik-PC notwendig, auf dem Softwares wie Vive Konsole, Viveport und SteamVR installiert werden müssen. Vergleichbar ist die Valve Index, die jedoch eine geringere Auflösung bietet und teurer ist. Pluspunkt der Valve Index VR ist das große Sichtfeld (130 Grad).
















HARDWARE				
	Stand-alone		PC verbunden	
	Bezeichnung	Produktdetails	Bezeichnung	Produktdetails
Cardboard	Google Cardboard 	Auflösung: Die Auflösung hängt von der Qualität des verwendeten Smartphones ab Sichtfeld: 80 Grad Preis: ca. 10 €		
VR Headset	HTC Vive Focus 3 	Auflösung: 4896 x 2448 Pixel Tracking System: Inside-Out Sichtfeld: 120 Grad Preis: ca. 1.350 € Besonderheit: Als Stand-alone oder mit Verbindung zum PC verwendbar	HTC Vive Pro 2 	Auflösung: 4896 x 2448 Pixel Tracking System: Inside-Out (mit zusätzlicher Hardware) Sichtfeld: 120 Grad Preis: ca. 1.399 €
	Pico Neo3 Link 	Auflösung: 3664 x 1920 Pixel Tracking System: Inside-Out Sichtfeld: 98 Grad Preis: ca. 420 € Besonderheit: Als Stand-alone oder mit Verbindung zum PC verwendbar	Valve Index 	Auflösung: 1600 x 1440 Pixel Tracking System: Inside-Out (mit zusätzlicher Hardware) Sichtfeld: 130 Grad Preis: ca. 1.079 €
	Meta Quest 2 	Auflösung: 1920 x 1832 Pixel Tracking System: Inside-Out Sichtfeld: 100 Grad Preis: ca. 389 € Besonderheit: Als Stand-alone oder mit Verbindung zum PC verwendbar	HP Reverb G2 	Auflösung: 4320 x 2160 Pixel Tracking System: Inside-Out Sichtfeld: 114 Grad Preis: ca. 549 €

Tabelle 2: Hardwareübersicht - Teil 2

Hardware	Software		
	Hardware Treiber	Marktplätze	Anwendungen
Hardware	WMR	Steam	Vrex Multi-User: Ja Multi Plattform:  Annotationen: BCF Integration Anbindung an BIM-Softwares: Bim360, BIMcollab etc. Preis: auf Anfrage Besonderheit: Texteingabe per Speech-to-Text
	Steam VR	Vive Port	Prospect by IrisVR Multi-User: Ja Multi Plattform:  Annotationen: BCF-Integration Anbindung an BIM-Softwares: Navisworks, Revit etc. Preis: ab 230 € pro Monat Besonderheit: CAD Integrationen
	Oculus	Side Quest	Revizto Multi-User: Ja Multi Plattform:  Annotationen: Nein Anbindung an BIM-Softwares: Revit, Civil3D etc. Preis: auf Anfrage Besonderheit: Kollisions-Review
	⋮	Oculus Store	Enscape Multi-User: Nein Multi Plattform:  Annotationen: Text an Bauteilen Anbindung an BIM-Softwares: Revit, Archicad etc. Preis: ab 40 € pro Monat Besonderheit: Plug-In Lösung
			Unity Reflect Review Multi-User: Ja Multi Plattform:  Annotationen: Text Annotationen Anbindung an BIM-Softwares: Revit, Bim360 etc. Preis: 628 € pro Jahr Besonderheit: Datenzusammenführung aus mehreren Quellen möglich
			Arkio Multi-User: Ja Multi Plattform:  Annotationen: Text Annotationen Anbindung an BIM-Softwares: BIM360, Revit etc. Preis: Freeware (mit Einschränkungen), ab 45 € Besonderheit: Bidirektionale Schnittstelle zu Revit
			XR Visualizer Multi-User: Ja Multi Plattform:  Annotationen: Text Annotationen Anbindung an BIM-Softwares: Nein, Datenformate: IFC, FBX etc. Preis: kostenlos Besonderheit: Kollaborativer Modellbetrachter
			The Wild Multi-User: Ja Multi Plattform:  Annotationen: Text Annotation & Foto Export Anbindung an BIM-Softwares: BIM360, Revit etc. Preis: ab 295 € pro Monat Besonderheit: Speech-to-Text Kommentare

WMR: Windows Mixed Reality

Abbildung 2: Software-Überblick zu XR in der Baubranche

Software

Für den Einsatz von HMDs werden **Hardwaretreiber** benötigt. Über Plattformen wie Windows Mixed Reality (WMR) werden die HMDs angesteuert und können so eingesetzt werden. Zur Ansteuerung von unterschiedlichen HMDs gibt es spezifische Hardwaretreiber wie Steam VR und Oculus.

Um Software und Anwendungen herunterzuladen werden sogenannte **Marktplätze** eingesetzt: Steam, Vive Port, Side Quest, Oculus Store etc. Die Auflistung ist nicht erschöpfend und ist als Überblick über häufig verwendete Marktplätze im XR Bereich zu verstehen. Konkrete Anwendungen sind Programme, die genutzt werden, um digitale Inhalte wie Gebäudemodelle zu visualisieren.

Hier sind Anwendungen wie Vrex, Unity Reflect oder der XR Visualizer zu nennen. Alle Anwendungen in Abbildung 2 haben gemeinsam, dass sie die Zusammenarbeit im virtuellen Raum mit digitalen Gebäudemodellen ermöglichen. Unterschiede ergeben sich durch die Unterstützung von Multi-User-Funktionalitäten, der Möglichkeit Multi Plattform-fähig zu sein, verschiedene BIM-Softwares zu unterstützen sowie durch den Preis und die spezifischen Anwendungsbesonderheiten.

Multi-User bietet die Möglichkeit, digitale Gebäudemodelle für mehrere Benutzer gleichzeitig zugänglich zu machen. Außerdem werden Möglichkeiten zur Kollaboration und Kommunikation angeboten.

Multi Plattform bezeichnet die Eigenschaft, dass eine Anwendung auf verschiedenen Plattformen (Geräten) ausgeführt werden kann (z. B. HMDs und Desktop PC).

Die Option auf **Annotationen** ermöglicht es bspw. Text an Bauteilen anzubringen, um eine Kommunikation bzw. Dokumentation zu ermöglichen. Falls eine BCF Integration vorliegt, kann das BIM Collaboration Format (BCF) genutzt werden, um „Probleme“ oder „Konflikte“ eines BIM-Modells zu kommunizieren.

Die **Anbindung an BIM-Softwares** listet die unterstützen BIM-Softwares bzw. Dateiformate auf.

Unter **Besonderheiten** werden markante Eigenschaften der Anwendungen aufgelistet, die Alleinstellungsmerkmale darstellen können.

Ablauf der Inbetriebnahme und Installation:

Um ein HMD wie die HTC Vive Pro 2 zu nutzen, wird auf einem Windows-PC die Steam-Plattform installiert und ein Steam Account erstellt. Das HMD wird an den Windows-PC angeschlossen und die Lighthouses (Basisstationen) werden im Raum aufgestellt. Anschließend wird Steam VR über Steam gestartet. Alle Geräte (HMD, Controller und Basisstationen) werden angeschaltet. In Steam VR leuchten alle Geräte grün, wenn diese in den Bereich der Basisstationen gehalten werden. Die Raumvermessung schließt die Vorbereitung zum Einsatz der HTC Vive Pro 2 ab. Nun können spezifische VR Anwendungen gestartet werden.

XR Visualizer: Als frei verfügbare Softwareanwendung für VR Anwendungen im Gebäudebereich bietet das Fraunhofer IAO den XR Visualizer an. Der XR Visualizer macht (BIM-)Planungsdaten aus der Gebäudemodellierung mittels Virtual Reality als virtuell begehbare 3D-Modelle sichtbar und dient als Schnittstelle zur weiteren Planung. Neben der VR Anwendung ist auch eine Schnittstelle für AR verfügbar. VR und AR-Systeme sollen für die Wirtschaft nutzbar gemacht werden, um Anwendungshindernisse abzubauen. [Link?](#)

Anwendungen auf dem Markt sind oftmals sehr kostenintensiv. Daher wurde mit dem XR Visualizer eine kostenlose Anwendung erstellt, die einen Einstieg ermöglicht. Tests sowie der dauerhafte Einsatz sind mit dem XR Visualizer möglich. Für den Einsatz des XR Visualizers wird ein Grafik-PC benötigt und ein HMD, das über Steam VR funktioniert (z.B. HTC Vive Pro 2, HP Reverb G2, Valve Index etc.).

Besonderheit des XR Visualizers ist, dass ein digitales Gebäudemodell per Drag and Drop in eine Ordnerstruktur eingefügt werden kann, und dadurch automatisch ein User Interface (Benutzerschnittstelle) generiert wird, das es ermöglicht, die Elemente eines Gebäudes nach Stockwerken oder nach Gewerken (Lüftung, Sanitär etc.) ein- und auszublenden. Es sind somit keine Programmierkenntnisse beim Einsatz und bei der Anpassung des User Interfaces notwendig. Anschließend kann man das digitale Gebäudemodell im XR Visualizer virtuell begehen und die einzelnen Stockwerke und Gewerke ein- und auszublenden. Es werden unter anderem 3D Dateiformate wie FBX, IFC, DAE, 3DS und Punktwolkenformate wie PLY unterstützt.

3

Ablauf einer immersiven Planungsbesprechung

Um den Vorteil einer gewerkeübergreifenden Kommunikation anhand von 3D-Visualisierungen zu realisieren, muss zunächst die notwendige technische Infrastruktur (siehe Abschnitt „Hard- und Software“) vorhanden sein. Zusätzlich sollte ein Kommunikationskonzept die Verwendung der immersiven Technologien regeln und diese in den Planungsprozess integrieren.

Da es sich bei der Nutzung von VR in der Planungsphase um eine neue Herangehensweise handelt, sind neue Anforderungen, Qualifikationen und Bedingungen, die der Prozess an Nutzer stellt, erforderlich. Der Ablaufprozess der immersiven Planungsbesprechung basiert auf notwendigen Kompetenzen und verschiedenen Rollen während der VR-Session. Abbildung 3 visualisiert die drei Phasen der VR-Session.

Die **Briefing-Phase** einer VR-Session dient dazu, die Teilnehmer auf die VR Erfahrung vorzubereiten. In der virtuellen Umgebung Modelle zu bewerten oder gar wichtige Entscheidungen zu treffen, verlangt von den Teilnehmern, sich auf diese virtuelle Umgebung einzulassen und Immersion zuzulassen. Des Weiteren werden während des Briefings die Aufgaben der einzelnen Teilnehmer in einer allgemeinen Form definiert. In dieser ersten Phase der VR-Session sollte in der Regel noch keine VR-Technologie zum Einsatz kommen und es sollten auch noch keine projektrelevanten Inhalte besprochen werden.

Die **Durchführungsphase** ist der Teil der Sitzung, der in der virtuellen Umgebung stattfindet. Je nach Aufgabenstellung der VR-Session kann diese Phase in Teilschritte mit entsprechenden Unteraufgaben unterteilt sein, die sich gegebenenfalls zyklisch wiederholen. In den meisten Anwendungsfällen wird diese Phase einen Diskussionsanteil enthalten, dessen Ergebnisse mitprotokolliert werden sollten.

Die **Debriefing-Phase** ([Abbildung 3](#)) dient zu Rekapitulation, Aufbereitung und Fixierung der Ergebnisse des Durchführungsteils auf Basis des Protokolls. Es bietet sich an zwischen der Durchführung und der Debriefing-Phase eine Pause einzulegen.

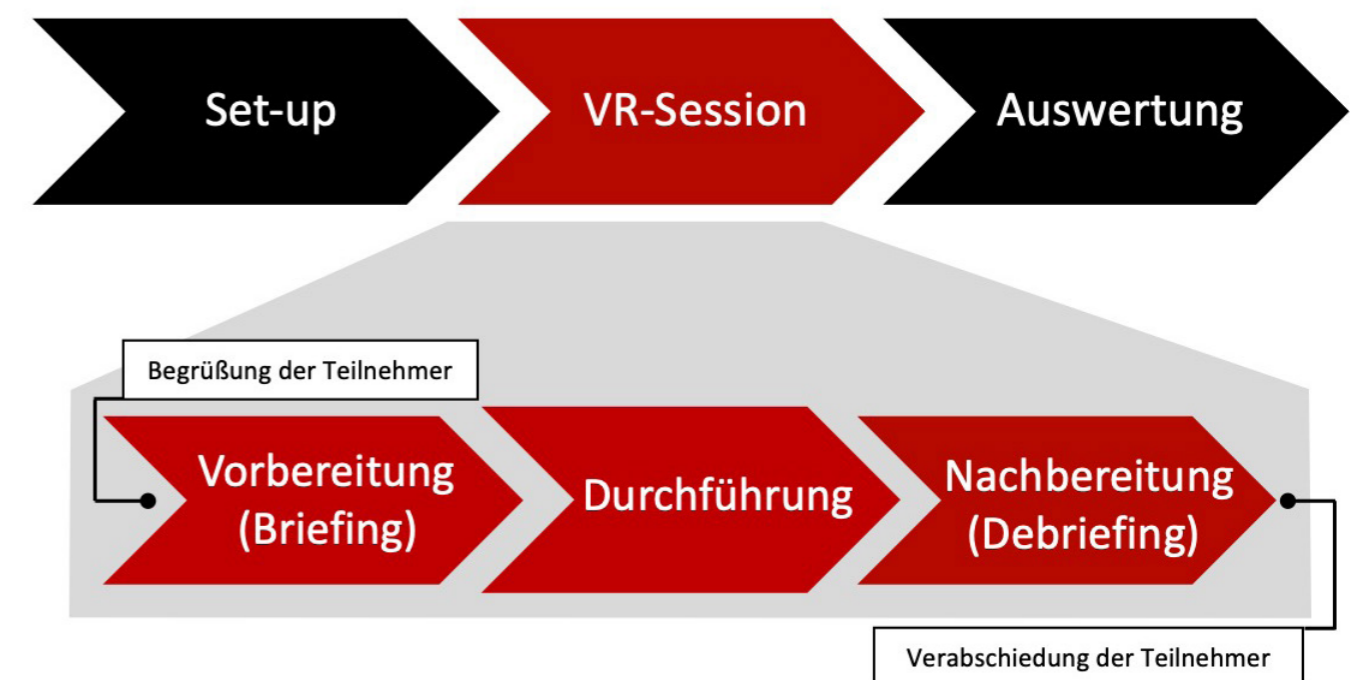


Abbildung 3 visualisiert die drei Phasen der VR-Session.

Jeder teilnehmenden Person wird eine Rolle zugewiesen, während eine Person unter Umständen auch mehrere Rollen erfüllen kann. Zur allgemeinen Rekapitulation der Aufgaben während des Briefings gehört demnach auch, noch einmal zu klären bzw. idealerweise zu wiederholen, wer welche Rolle(n) innehat. Eine Aufgabe, die in jeder VR-Session, unabhängig vom Anwendungsfall anfällt, ist beispielsweise das Bedienen des VR-Systems im Allgemeinen bzw. die Navigation in der virtuellen Umgebung im Speziellen. „Navigator“ ist deshalb eine beispielhafte Rollenbezeichnung. „Protokollant“ und „Moderator“ sind weitere Rollen, die in vielen immersiven Planungsbesprechungen sinnvoll sind, da das Festhalten von wichtigen Diskussionspunkten, Entscheidungen, Anforderungen etc. sowie das Leiten der Diskussion häufige Aufgaben sind. Neben den allgemeinen Rollen sollten je nach Art und Umfang des Bauprojektes und thematisierter Fragestellung folgende Rollen bei der immersiven Planungsbesprechung besetzt sein: „Architekt“, „Fachplaner (Statiker, Fachplaner TGA etc.)“ und „Bauherr“.

Der Ablauf der VR-Session ist immer nach den Zielen der immersiven Planungsbesprechung auszurichten. Danach richten sich die zu erfüllenden Aufgaben, und damit die Rollen der Teilnehmer. Vor allem für den Bauherren, der die konkreten Bauabläufe nicht kennt und in die Definition von Planungszielen und Aufgaben der VR-Session vorab nicht involviert ist, werden diese im Briefing ge- bzw. erklärt. Wie bereits oben beschrieben, ist auch für die anderen Teilnehmer eine Rekapitulation der Rollen im Briefing sinnvoll.

Es ist hilfreich, die Durchführungsphase einer VR-Session in die Teilphasen Konfrontation, Inkubation und Diskussion zu unterteilen, die sich ggf. zyklisch wiederholen: Die Konfrontation des Bauherrn mit dem digitalen Gebäudeprototypen stellt den Startpunkt der Durchführungsphase und einen Kernaspekt des gesamten Ablaufprozesses dar. Bereits die erste spontane Reaktion des Bauherrn auf das geplante Gebäude liefert wichtige Informationen. Der Navigator folgt hier den Anweisungen des Bauherrn, damit dieser sich einen guten Eindruck vom Gebäude verschaffen kann. Nachdem diese erste Reaktion „eingefangen“ und protokolliert ist, folgt die Inkubationsphase, in der der Architekt die Gelegenheit bekommt, den Gebäudeentwurf vorzustellen. Damit dies in ausreichendem Maße stattfindet, hat der Moderator darauf zu achten, dass der Architekt nicht von den Bauherren unterbrochen und vom Navigator ausreichend unterstützt wird. (Dies gilt umgekehrt auch während der Konfrontation, hier sollte der Architekt

noch nicht eingreifen.) Eventuelle Fragen des Bauherrn zum geplanten Gebäude sollten auf die anschließende Diskussionsphase verschoben werden. In dieser diskutieren Bauherr und Architekt über die Anforderungen an das Gebäude, was protokolliert wird.

In den frühen Phasen des Planungsprozesses ist diese Diskussion sehr kreativ und kann auch der Ideengenerierung dienen, während sie in späteren Phasen zunehmend strukturiert sein sollte. So können Konfrontation-, Inkubation- und Diskussionsphasen z. B. für einzelne Teilaspekte und -fragestellungen wiederholt werden. Dann ist vom Moderator sicherzustellen, dass alle vorher für die VR-Session festgelegten Aufgaben erfüllt und somit die Ziele erreicht werden. Gegebenenfalls nach einer Pause für Architekt und Bauherr, folgt die Debriefing-Phase. Sie sollte in einer nicht-immersiven, nüchtern sachlichen Atmosphäre stattfinden. Falls sich einzelne Teilnehmer durch die Tatsache, dass die Diskussion in einer virtuellen Umgebung stattgefunden hat, verunsichert gefühlt haben, so ist dafür zu sorgen, dass sie sich während des Debriefings wieder sicher und voll entscheidungsfähig fühlen. Die durch den Protokollanten formulierten Entscheidungen und Beschlüsse werden rekapituliert sowie bestätigt und fixiert oder widerrufen. Die Liste der Entscheidungen und Beschlüsse stellt das Ergebnis der VR-Session dar.

Der vorgestellte Ablauf eignet sich ebenfalls für **immersiver Baubesprechungen**. Ziel der immersiven Baubesprechungen ist es die Einhaltung der Baugenehmigung und Leistungsbeschreibungen zu überprüfen sowie Ausführungspläne mit tatsächlich ausgeführten Arbeiten auf der Baustelle zu vergleichen. Der Ist-Zustand auf der Baustelle kann durch Laserscans oder photogrammetrische Verfahren als Punktwolke erfasst werden. Durch die direkte Verbindung von BIM-Modellen mit dem Ist-Zustand auf der Baustelle entsteht die Möglichkeit relevante Abweichungen darzustellen. Von der transparenten Darstellung und anschließenden Behebung dieser Abweichungen profitiert der gesamte Lebenszyklus eines Gebäudes.

Um den Baufortschritt zu überprüfen werden die Elemente des 3D-Modells mit Unterstützung spezialisierter Softwareprodukte mit den Aktivitäten zur Erstellung der jeweiligen Bauelemente aus der Terminplanung verknüpft. Die Diskrepanzen mit dem tatsächlichen Baufortschritt werden hierdurch ersichtlich.

4

Anwendungsbeispiel

Für das Anwendungsbeispiel wird eine HTC Vive Pro (Hardware) sowie der XR Visualizer (Software) verwendet. Neben dem eigentlichen HMD, der HTC Vive Pro, werden zwei Controller, drei Basisstationen und ein Grafik-PC verwendet. Die Ausstattung des Grafik-PCs ist in Tabelle 3 dargestellt.

Verwendeter PC	
Kategorie	Eigenschaft
CPU	Intel® Core™ i9-9900 CPU 4 Kerne @ 3.60GHz
RAM	64 GB
GPU	NVIDIA GeForce RTX 2080 Ti
Betriebssystem	Windows 10 Pro 64 Bit

Tabelle 3: Ausstattung des Grafik-PCs

Das HMD (HTC Vive Pro) ist per Kabel an den Grafik-PC angeschlossen. Die Basisstationen sind an den Traversen befestigt, um den Trackingbereich zu erfassen (Abbildung 4). Bei der Interaktion mit der virtuellen Umgebung helfen unter anderem Hand-Controller. Diese Steuerungshilfen „übersetzen“ die Gesten aus der realen Welt in die VR-Anwendung.

Durch die Controller kann durch das digitale Gebäudemodell navigiert werden sowie Annotationen etc. angebracht werden.

In Abbildung 7 wird der Benutzer in VR von vorne dargestellt. Der Benutzer verwendet die Hand-Controller, um sich durch das digitale Gebäudemodell zu bewegen und Annotationen durchzuführen.



Abbildung 4: Aufbau des VR Gesamtsystems

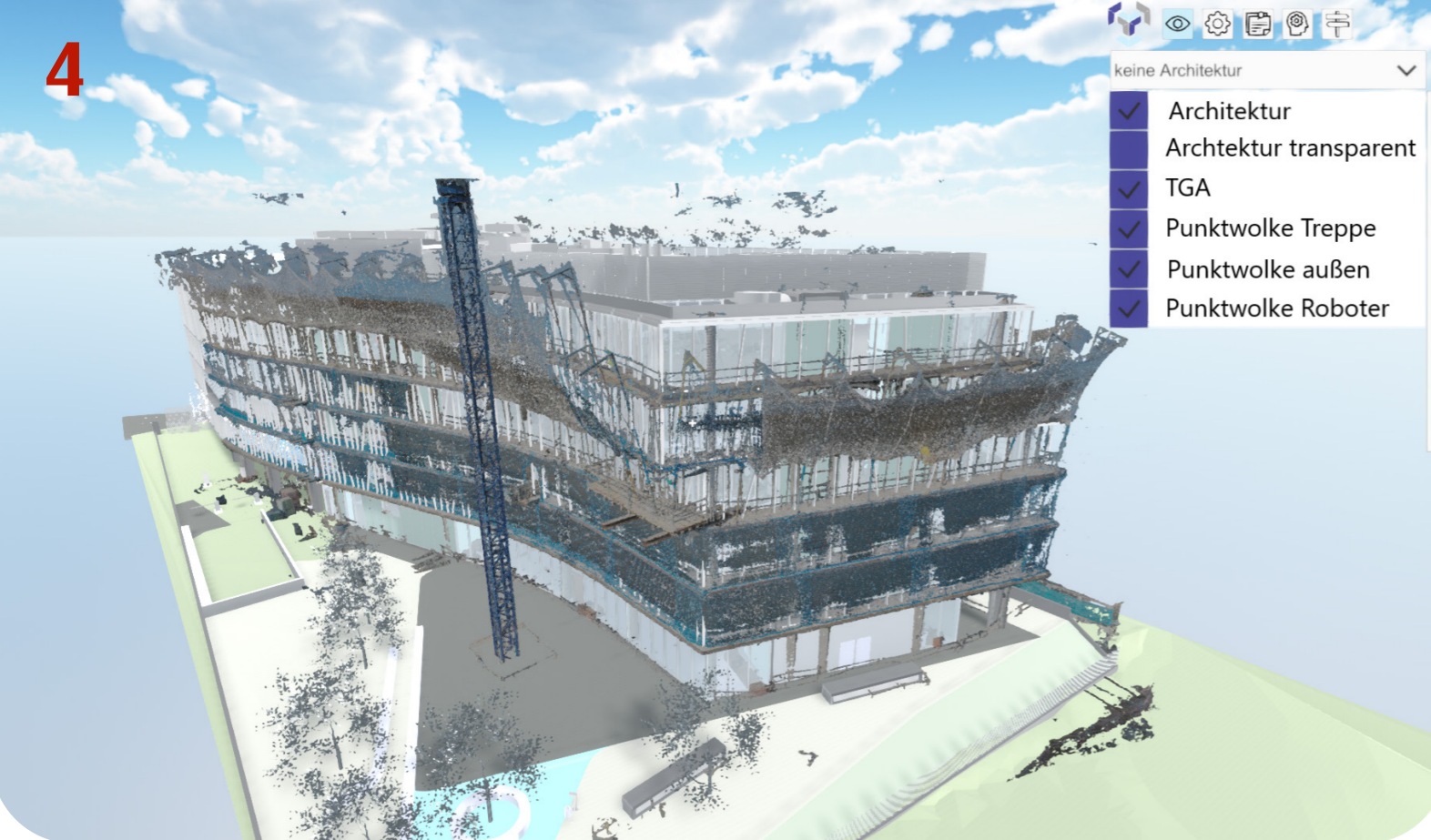


Abbildung 5: BIM-Modell und Punktwolke in VR

In Abbildung 5 wird das digitale Gebäudemodell aus der Perspektive des Benutzers dargestellt. Es können verschiedene Gebäudebereiche (z. B. Stockwerke), Gewerke oder Probleme angezeigt werden (Abbildung 5 rechts oben). In Abbildung 7 ist im Sichtfeld ein „?“ zu sehen, das ein Problem am Geländer der Treppe markiert. Außerdem wird dargestellt, dass mehrere Probleme im Modell aufgelistet werden, die angesehen und bearbeitet werden können (Abbildung 7).

Da es sich um die virtuelle Realität handelt, ist es für den Benutzer möglich, die Probleme nacheinander abzuarbeiten und direkt zu den Positionen zu springen, an denen Probleme von Fachplanern identifiziert wurden.

Um identifizierte Probleme dokumentieren zu können, werden die Positionen markiert und Informationen über eine Digitale Tastatur eingegeben (Abbildung 8). Hier können Informationen zum Verfasser, dem Status (offen, in Bearbeitung etc.), dem Typ (Sicherheitsrelevant etc.) und eine Beschreibung eingetragen werden. Die Eingabe in VR ist zeitaufwändig. Daher sollten nur kurze und knappe Informationen hinterlegt werden.



Abbildung 6: Vorderansicht Benutzer mit HMD

Der XR Visualizer bietet zudem die Möglichkeit, das digitale Gebäudemodell direkt in VR bei Bedarf zu skalieren oder an die gewünschte Position zu bewegen. Diese Funktionen können über die Controller im Menü aufgerufen werden.

Das ermöglicht es bei falsch skalierten Modellen, die Größe direkt in VR anzupassen, ohne Skalierungen nochmals beim Export aus der BIM-Software anpassen zu müssen. In Abbildung 5 ist neben dem BIM-Modell auch die Punktwolke des Gerüsts zu sehen. Dies ermöglicht es bspw. in VR sicherheitsrelevante Aspekte zu identifizieren und anzusprechen.

Die Beispielabbildungen in diesem Abschnitt stammen aus dem Projekt „BIMprove“ (www.bimprove-h2020.eu). BIMprove wird im Rahmen des Horizon 2020 Programms von der Europäischen Union unter dem Fördervertrag Nr. 958450 gefördert.



Abbildung 8: Eingabemöglichkeit über virtuelle Tastatur

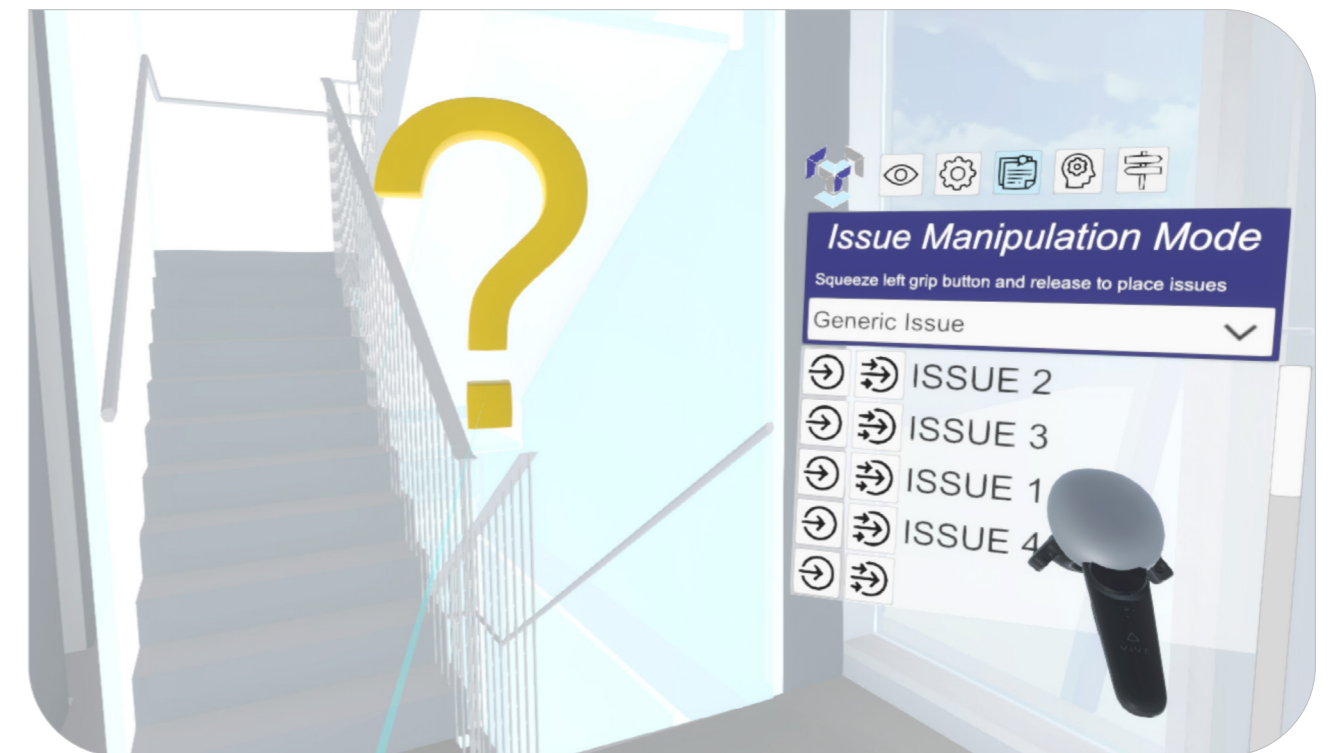


Abbildung 7: VR Ansicht des Benutzers

5

XR Visualizer

Um die Abstimmung während einer Bauplanung zu erleichtern, hat das Fraunhofer IAO gemeinsam mit dem Institut für Arbeitswissenschaft und Technologiemanagement IAT der Universität Stuttgart ein frei verfügbares Software-Toolset namens „XR Visualizer“ entwickelt.

Der XR Visualizer ermöglicht es (BIM-) Planungsdaten aus der Gebäudemodellierung mittels Virtual und Augmented Reality als virtuell begehbare 3D-Modelle zu visualisieren und dient als Kommunikationsplattform für die weitere Planung.

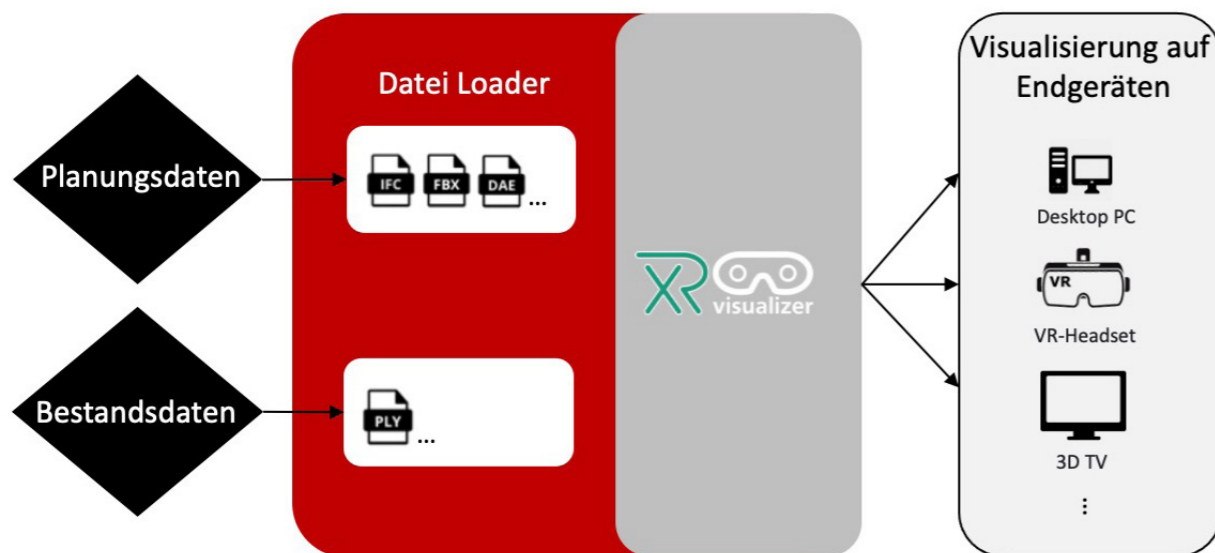
Wie in Abbildung 4 dargestellt, können Daten aus der Planung sowie vom Bestand geladen und per Endgerät (z. B. VR-Headset) dargestellt werden.

Den XR Visualizer können Sie sich kostenlos zusenden lassen, indem Sie Kontakt zu Jörg Frohnmayer aufnehmen:



M. A. Jörg Frohnmayer
Fraunhofer IAO
Nobelstraße 12
70569 Stuttgart

Telefon: +49 711 970 2302
E-Mail: joerg.frohnmayer@iao.fraunhofer.de



6

Fazit

Bei der Implementierung von immersiven Technologien im Unternehmen ist immer ein strukturiertes Vorgehen gefragt. Dazu gehört die Beschaffung von Hard- und Software sowie die Qualifizierung von Mitarbeitern. Ebenfalls ist die Akzeptanz der immersiven Technologie bei den Mitarbeitenden im Unternehmen von entscheidender Bedeutung. Deshalb sollten für ein erfolgreiches Change-Management die Bedenken der Mitarbeitenden einbezogen werden.

Zwar kommen immersive Technologien erst seit kurzer Zeit in der Bauwelt zum Einsatz, sie bieten jedoch ein enormes Potential, um eine transparente und vertrauensvolle Zusammenarbeit zu fördern. Immersive Technologien erleichtern Kommunikation sowie Wissensvermittlung und -transfer, vor allem für komplexe Bauvorgänge. Das wird den Planern und Ausführenden bereits beim ersten Einsatz der Technologie klar. Die Nutzung ist oftmals intuitiv, benötigt jedoch eine Anpassung bestehender Prozesse sowie Investitionen in Hard- und Software.

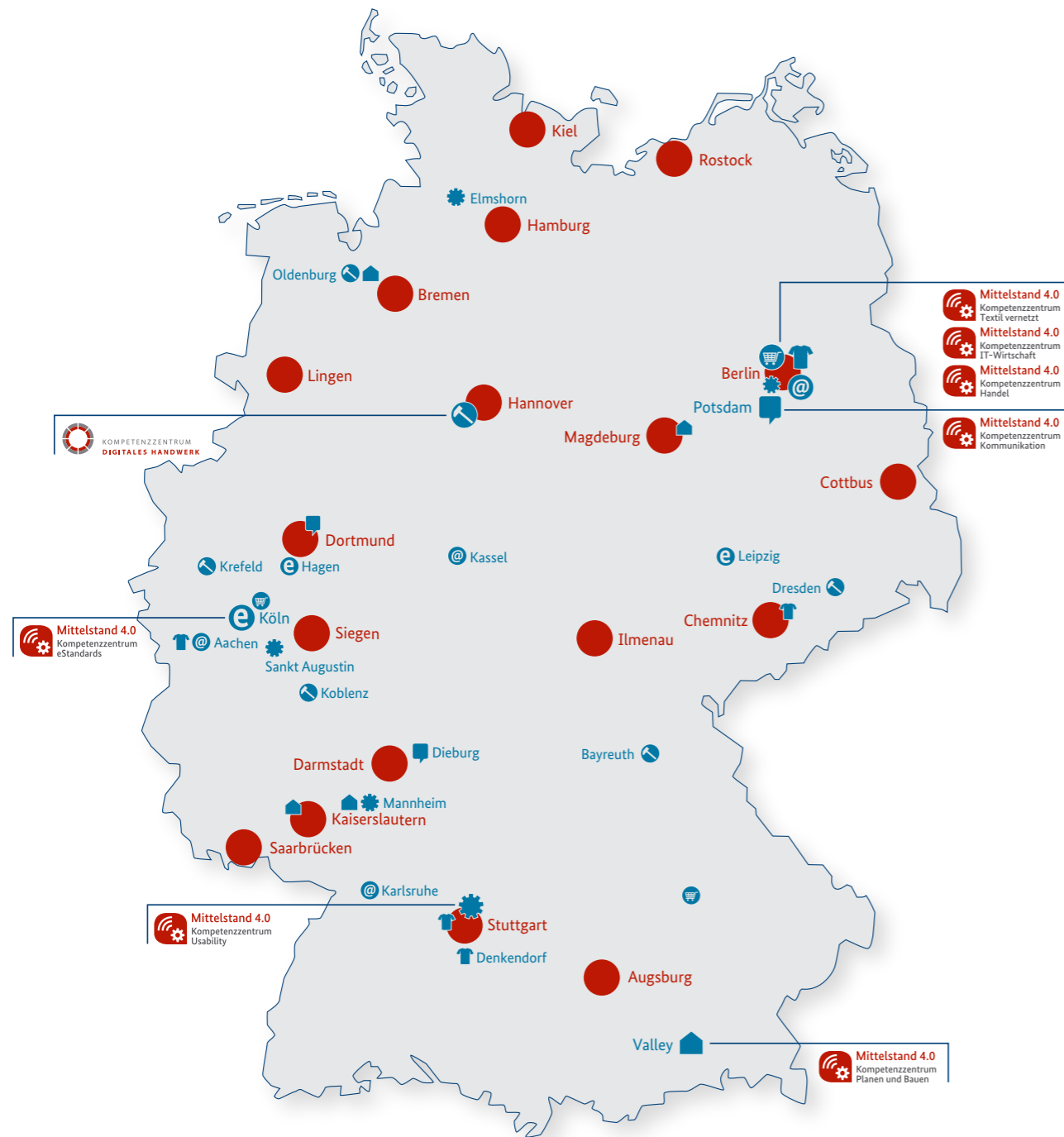
Dieser Leitfaden liefert eine Übersicht zu Hard- und Software zu XR in der Baubranche und beschreibt den Ablauf und das Vorgehen bei immersiven Besprechungen. Das vorgeschlagene Vorgehen, das auf immersiven Planungsbesprechungen in der virtuellen Realität basiert, kann Praktikern helfen, nicht nur die eigentlichen Bauarbeiten zu visualisieren, sondern auch den Fortschritt auf der Baustelle sowie die Baustellenorganisation mit dem geplanten Ablauf abzugleichen.

Die Akteure werden befähigt, nicht nur das Bauvorhaben virtuell zu begutachten, sondern können auch mit dem virtuellen Modell interagieren. Beispielsweise kann das Mängelmanagement virtuell unterstützt werden.

Mit dem XR Visualizer bietet das Fraunhofer IAO eine kostenlose Software an, die genutzt werden kann, um digitale Gebäudemodelle auf verschiedenen Endgeräten zu visualisieren.

- info@kompetenzzentrum-planen-und-bauen.digital
- [Kompetenzzentrum.Planen.und.Bauen/](https://www.facebook.com/Kompetenzzentrum.Planen.und.Bauen/)
- [kompetenz_pb](https://twitter.com/kompetenz_pb)
- [company/kompetenzzentrumplanenundbauen/](https://www.linkedin.com/company/kompetenzzentrumplanenundbauen/)

Die regionalen Mittelstand 4.0-Kompetenzzentren und Themenzentren mit
Ihren Stützpunkten



Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Herausgeber:

Mittelstand 4.0-Kompetenzentrum Planen und Bauen

Gesamtleitung: Thomas Kirmayr, Fraunhofer-Institut für Bauphysik IBP
Fraunhofer Straße 10, 83626 Valley

Die Autorinnen und Autoren dieses Leitfadens sind:

René Hellmuth, Jörg Frohnmayr, Matthias Aust, Dhanesh Chaturanga

Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO

Nobelstraße 12, 70569 Stuttgart

E-Mail: joerg.frohnmayr@iao.fraunhofer.de

Weitere Informationen finden Sie auch unter

→ www.iao.fraunhofer.de

Über Mittelstand-Digital

Mittelstand-Digital informiert kleine und mittlere Unternehmen über die Chancen und Herausforderungen der Digitalisierung. Die geförderten Kompetenzzentren helfen mit Expertenwissen, Demonstrationszentren, Best-Practice-Beispielen sowie Netzwerken, die dem Erfahrungsaustausch dienen. Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) ermöglicht die kostenfreie Nutzung aller Angebote von Mittelstand-Digital. Der DLR Projektträger begleitet im Auftrag des BMWK die Kompetenzzentren fachlich und sorgt für eine bedarfs- und mittelstandsgerechte Umsetzung der Angebote. Das Wissenschaftliche Institut für Infrastruktur und Kommunikationsdienste (WIK) unterstützt mit wissenschaftlicher Begleitung, Vernetzung und Öffentlichkeitsarbeit. Weitere Informationen finden Sie unter → www.mittelstand-digital.de

Kontakt Daten vom Mittelstand 4.0-Kompetenzentrum Planen und Bauen

E-Mail: info@kompetenzzentrum-planen-und-bauen.digital

→ www.kompetenzzentrum-planen-und-bauen.digital

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages